

## 制御理論の応用から捉える 5-2 プロジェクトの意義

藤平和俊 環境学研究所

### 1. はじめに

5-2 プロジェクトの研究成果は、「持続可能性」や「持続可能な発展」を可能にするような土地利用方法の基礎を提示することが期待されている。一方、本稿の筆者は、「持続可能な発展」の実現に向けて、制御理論を応用して人間活動を適正制御する方法を研究している。本稿では、この制御理論の応用という視点から、5-2 プロジェクトの意義を考察する。

### 2. 環境問題の総合的解決と制御理論

筆者は、環境問題の総合的解決を目指して「環境学」に取り組んでいる。環境学の定義としては、「地球環境の有限性に立脚して、人間が、その活動を適正状態に制御することを目的として構築される学問体系」（藤平, 1999, p.304）とした。この定義に従えば、環境問題を総合的に解決するには、人間活動を適切に“制御”しなければならない。そこで、「システム制御工学」という“制御”を専門に扱う学問の応用を着想したのである。

システム制御工学の特徴は、制御に関係するあらゆる領域に応用できることである。実際、機械工学や電気工学などの工学だけでなく、経済学や医学、農学など幅広い領域で応用されている。よって、人間活動を適正制御するという課題にも応用できる。

システム制御工学を応用して課題に取り組むには、まず、「制御対象」、「制御量」（制御したい量）、「制御目的」を特定する必要がある。環境問題の総合的解決に応用する場合、上記の要素は次のように特定できる（藤平, 2004 a）。環境問題は人間活動に起因して発生するので、制御対象は「人間活動」になる。個人や家庭、企業などを主体としたさまざまな単位の人間活動を想定できる。人間活動に属する変数のなかでも、環境とのかかわりにおいて制御すべき量が制御量となる。それらの中でも重要な要素として、「水」「食料」「製品」「エネルギー」「情報」「金銭」「土地利用」「人口」の 8 つを抽出した。制御目的は「人間活動全体の安定化」（次章参照）とした。制御対象・制御量・制御目的が決まれば、センサーで測られた制御量の測定値と、制御目的から導き出された目標値とが比較される。そのうえで、測定値と目標値の差を解消するように「制御器」（制御の方策）を設計・実行する。図 1 は、以上の要素を組み合わせた制御系を簡略化して描いたブロック線図である。

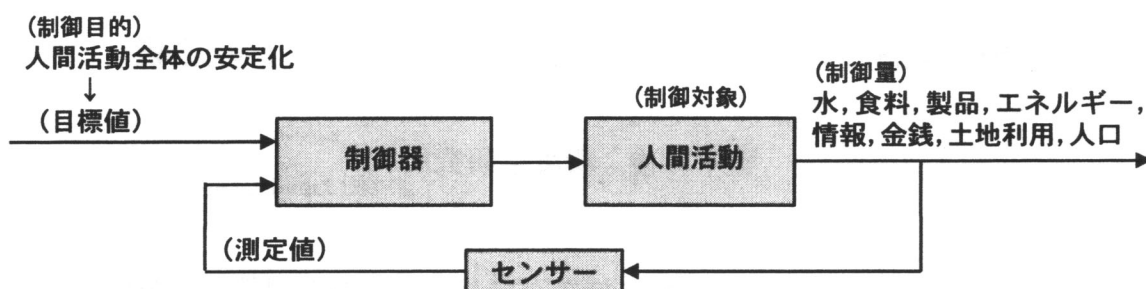


図1 「人間活動の適正制御」の制御系

### 3 人間活動全体の安定

前章で制御目的として特定した「人間活動全体の安定化」は、地球環境時代のキーワードとして注目される「持続可能な発展」の実現に相当する。「持続可能な発展」は、「将来の世代がその欲求を満たす能力を損なうことなく現在の世代の欲求を満たす開発」(World Commission on Environment and Development, 1987)と定義されている。しかし、この定義は、抽象的でイメージしにくい。そこで筆者は、図2に示すような「持続可能な発展」あるいは「人間活動全体の安定」のモデル図を作成した。

図中の三角形の頂点にある「全人類の長期的な幸福」は究極目的である。一方、三角形の底辺にある「有限の地球環境・天然資源」は究極手段であり絶対的制約である。これら究極目的と究極手段の間で望ましい社会を構築しようとするとき、まず必要なのが「基盤安定」である。すなわち、地球環境を保全することで人間の生存環境を安定化するとともに、天然資源を持続的に利用することで人間社会に必要な物資を安定的に供給する。この環境および物資供給の安定を土台にして、人間社会の「内部安定」を実現する。言い換えれば、経済的・社会的安定とともに、健康・安全・相互扶助・自己実現のような幸福の基礎条件を満たすような社会を構築する。

要するに、図2は、「人間活動全体の安定」のためには、「基盤安定」と「内部安定」の両立が必要なことを示している。

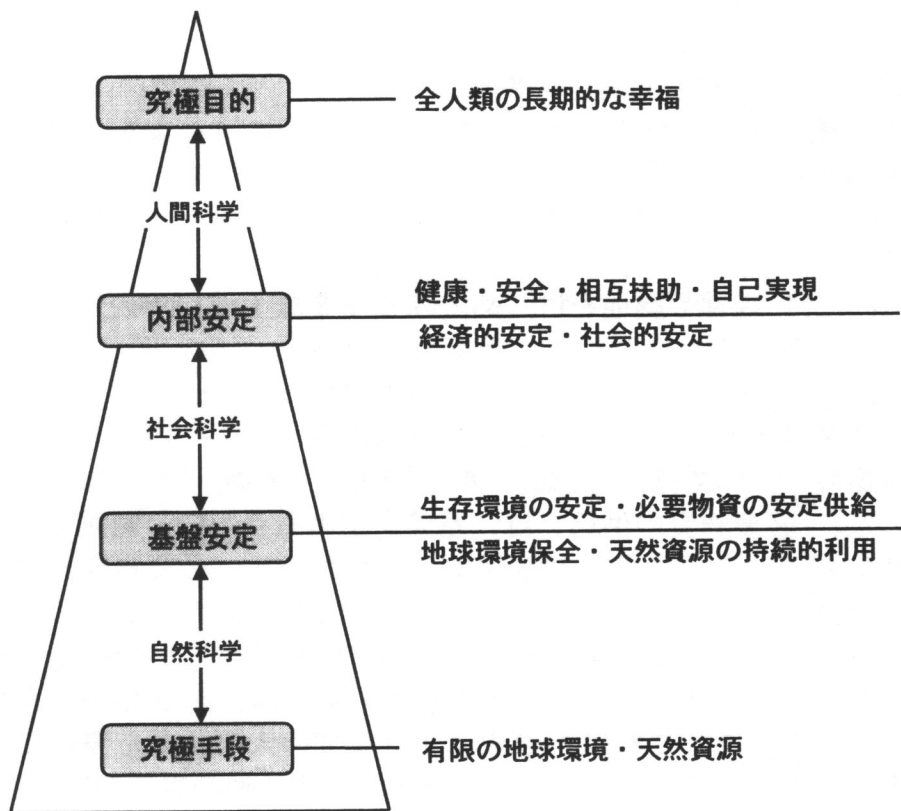


図2 人間活動全体の安定モデル  
(藤平, 2004 b) p. 136, 図4 を一部改変.

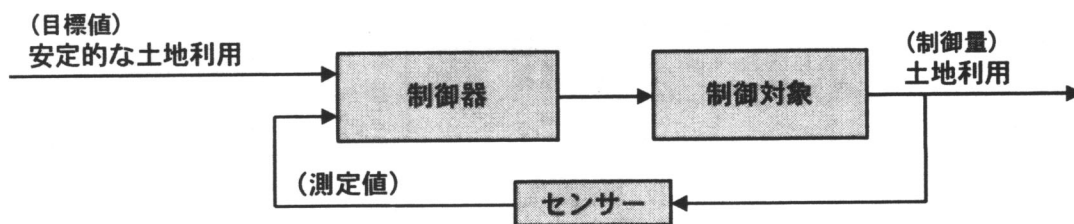


図3 「土地利用の適正制御」の制御系

#### 4.5-2 プロジェクトと制御理論

##### (1) 土地利用の目標値

5-2 プロジェクトの研究内容を制御理論の応用という視点から捉えたと、その制御系は図3 のようになる。本プロジェクトでは、制御対象となる人間活動は特定されない。人間活動を適正制御するための制御器を考案することも研究対象に含まれない。制御量は、森林伐採や酪農活動のような土地利用にかかわる人間活動を仮想的に変化させて影響を調べることから、「土地利用」となる。ま

た、期待される研究成果には、土地利用における目標値、言い換えれば「安定的な土地利用」のための基礎を提示することが含まれる。

## (2) 土地利用区分別の人間と環境との関係

「安定的な土地利用」のための基礎を提示するためには、まず、土地利用による影響の範囲を示すことが必要になる。そこで、「人間活動全体の安定モデル」（図 2）をもとにして、人間とそれを取り巻く環境との関係を土地利用区分別に整理した（表 1）。

表 1 の横方向には、森林や農地をはじめとする主要な土地利用区分を示した。

縦方向には、人間とそれを取り巻く環境との関係を、「生存環境」「必要物資の供給」「人間活動の場」という 3 つの視点に分けて示した。「生存環境」は、図 2 中の「基盤安定」の 1 側面である「地球環境保全／生存環境の安定」にかかわる。生存環境については、「大気」「水」「土壌」「生物」「人工物」の 5 つの要素に分類した。「必要物資の供給」は、基盤安定のもう 1 つの側面である「天然資源の持続的利用／必要物資の安定供給」にかかわる。必要物資の種類としては、「水」「食料」「製品」「エネルギー」の 4 つに分類した。これらは、人間活動にかかわる 8 つの制御量（第 2 章）のうち、物資供給にかかわる 4 つの制御量に相当する。第 3 の視点である「人間活動の場」は、図 2 中の「幸福」や「内部安定」とかかわる。これは、さまざまな場での人間活動に際して、人間が幸福感を得られるかどうかという視点である。人間活動の場については、「生活」「生業」「余暇」の 3 つに分けて主要な活動を列記した。

なお、表 1 に示した人間とその環境との関係を最適化することが、「安定的な土地利用」につながると考えられる。

表1 土地利用区分別の人間と環境との関係

		森林	農地	草地	水域	都市・建設地
生存環境	大気	CO <sub>2</sub> 吸収	亜酸化窒素放出	メタン放出 (家畜由来)	CO <sub>2</sub> 吸収	CO <sub>2</sub> 放出 工業・交通由来汚染物質放出 ヒートアイランド
	水	降水 地表・地中水	降水 かんがい水 地表・地中水	降水 地表・地中水	降水 河川・湖沼水	降水 地表水 生活・工業用水
	土壌	森林土壌	農耕地土壌	草地土壌	流入・堆積土	都市土壌
	生物	森林生態系 (樹木・草本・鳥獣・昆虫など)	農耕生態系 (栽培植物中心)	草地生態系 (草本・家畜中心)	水中生態系 (プランクトン・魚介類・藻類など)	都市内生物
	人工物		農薬 化学肥料 ビニールハウス	畜舎	船舶 港湾 水力発電設備	建築物 土木構造物 工場生産品 (衣類・機器・自動車など) 廃棄物
必要物資の供給	水		(地下水)		農業・生活・工業用水	(地下水)
	食料	林産食物 (採集・狩猟食物)	農産食物 (穀物・野菜・果物)	畜産食物 (肉・卵・乳)	水産物 (魚介類・海藻)	食品加工
	製品	木材	農産原材料 (綿花・麻など)	畜産原材料 (皮革・羽毛など)		工場生産製品 建築物 土木構造物 ↑ [地下資源]
	エネルギー	薪・木炭	農産生物燃料	畜産生物燃料	水力発電	燃料精製 火力発電 原子力発電 ↑ [地下資源]
人間活動の場	生活					睡眠・休息 摂食 家事・育児
	生業	林業 採集・狩猟	農業	畜産業	漁業 観光業	工業生産 食品加工 各種サービスの生産・提供
	余暇	ハイキング 森林浴 採集・狩猟	趣味園芸		釣り 水浴・水遊び 観光	趣味 気晴らし

5. 「文理連携」と「研究者と住民の連携」

本プロジェクトの研究手法の特色として、(1) 自然科学研究者と人文社会科学研究者との連携（文理連携）と、(2) 研究者と住民との連携、という2つの連携がある（図4）。

(1) 文理連携

自然科学研究者と人文社会科学研究者との連携には、次のような必然性がある。人間とその環境との関係については、「生存環境」「必要物資の供給」「人間活動の場」という3つの視点に分けられるが（表1）、このうち「生存環境」の変化や安定を扱うのは自然科学の研究領域となる。森林における土地利用改変を例に挙げるならば、森林伐採による大気や水や土壌への影響を予測するのは自然科学研究者となる。これに対して「必要物資の供給」や「人間活動の場」を扱うのは、おもに人文社会科学の研究領域となる。森林伐採の場合ならば、木材や薪炭の経済的価値、あるいは林業や余暇の場の創出・消失を考察するのは人文社会科学者の役割になる。このように、多方面におよぶ土地利用の影響を明らかにするには、自然科学研究者と人文社会科学研究者の協力が欠かせないのである。

(2) 研究者と住民の連携

本プロジェクトでは、研究者と住民の間でアンケートを介して情報が交換される。その手順は、まず、アンケートの作成者が、自然科学および人文社会科学研究者が土地利用の影響について調査・研究した内容を、アンケートの説明や設問の中に盛り込む。続いて、住民（回答者）は、アンケートの説明・設問を読み、土地利用による影響について理解したうえで、当該土地利用についての見解を回答欄に記す。最後に、アンケートの解析者は、住民による土地利用についての見解を統計処理することで、当該土地利用に対する評価を得る。

上記の情報交換では、研究者と住民が互いに相手の弱点を補うことで、土地利用の評価を導いていることがわかる。まず研究者は、住民が認識できないような土地利用の影響を調べ、調査結果を住民に理解できるように情報化してい

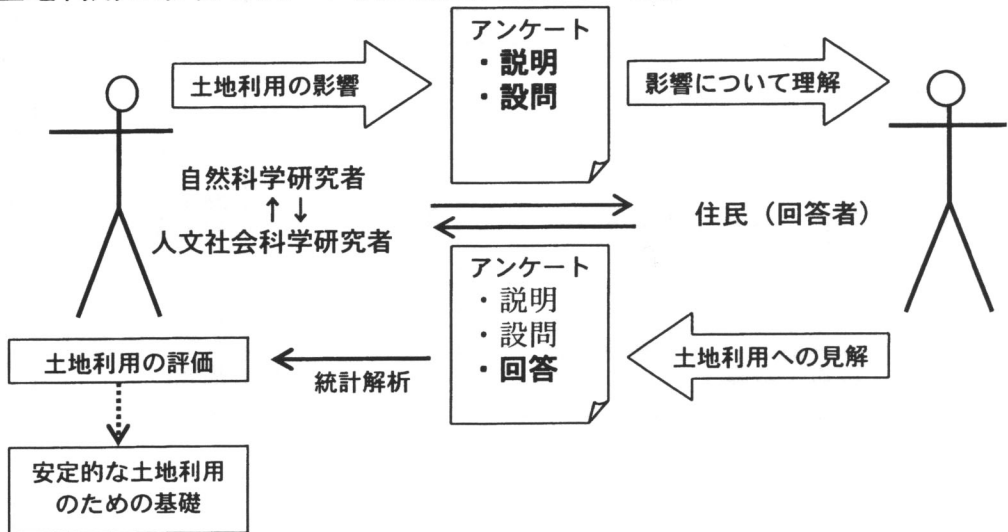


図4 「文理連携」と「研究者と住民の連携」

る。たとえば、住民は、森林伐採による水や大気成分の変化を自らの五感では十分に認識できず、質問票に盛り込まれた研究成果の情報に接することで知る。一方、住民の役割で重要なのは、研究者側が苦手とする「尺度の異なる複数の価値の総合」である。たとえば森林伐採の場合、その影響は生存環境である大気や水や土壌に及ぶだけでなく、木材の生産・供給や余暇活動などにも影響する。これら尺度の異なる諸影響を総合して当該森林伐採に対する評価を下すことは、研究者には難しい。これに対して、アンケートに回答する住民は、尺度の異なる複数の影響を総合して土地利用に対する見解を表明する。研究者は、住民の見解を統計的に解析することで、当該土地利用に対する評価を得ることができる。

## 6. 安定的な土地利用をめざして

本プロジェクトでは、前章で示したような 2 段階の連携によって、土地利用に対する評価が可能となる。そのうえで、次のような工夫をすることで、「安定的な土地利用」のための基礎を提示しようと考えられる。

第 1 は、「土地利用の影響」で取り上げる要素のバランスを考慮することである。住民（回答者）が表明する「土地利用への見解」は、アンケートの説明・設問に左右される。たとえば、森林伐採の影響のうち水質変化が重点的に取り上げられれば、住民の回答も水質を重視した見解に偏るものと予測される。よって、アンケートに盛り込む「土地利用の影響」の範囲は、影響間のトレードオフも考慮しつつバランスのとれた選択をすることが求められる。

第 2 は、地理情報システム（GIS）の活用である。GIS は、空間に分布する多様な情報を記録・分析・表示できるとともに、データの更新も容易である。そのため、本プロジェクトでも土地利用の影響を情報化する際に GIS が利用されるが、アンケートの中でもこの GIS が活用されることが望まれる。21 世紀に土地利用にかかわる問題、さらには地球環境問題の解決を目指すとき、問題解決にかかわる住民が、鳥瞰的な視点を共有することが欠かせない。よって、多様な地理情報を鳥瞰的に表示する GIS をアンケートに取り入れれば、安定的な土地利用につながるような見解を住民から引き出すことが期待できる。なお、ここで、本プロジェクトで想定される制御系（図 3）に立ち戻れば、GIS が制御系のセンサーとして重要な役割を果たすと言える。

また、筆者は、システム制御工学を応用して「環境教育」や「持続可能な発展のための教育」の方法も研究している。今後は、これらの成果も取り入れつつ、本プロジェクトの意義をさらに高めることを目指していく。

## 文献

藤平和俊（1999）『「環境学」入門』，日本経済新聞社。

藤平和俊（2004 a）「システム制御理論を応用した環境教育の体系化」，『環境教育』，13（2），pp. 63-70.

藤平和俊（2004 b）「システム制御理論にもとづく企業内環境教育の体系化」，『環

境経営とコミュニケーションのかたち』 pp. 130-144, 日本広報学会.  
World Commission on Environment and Development (1987) *Our Common Future*.